

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

12. 2. 2004

#2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 1 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 3 3 3 8 5
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 3 3 8 5]

出 願 人
Applicant(s): 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社

RECEIVED

01 APR 2004

WIPO

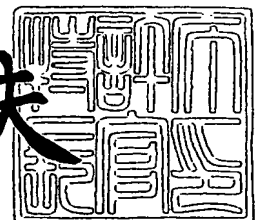
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 3 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2931040142

【提出日】 平成15年 2月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04K 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中川 洋一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 折橋 雅之

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 送信装置及び無線通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 M ($M > 1$) 素子のアレーアンテナを有する第 1 の無線局から第 2 の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するための送信装置であり、

前記第 1 の無線局と前記第 2 の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータに基づいて、複数の N ($N \leq M$) 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、

前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N 次元ベクトルを掛けて多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段とを有し、

前記ベクトル多重シンボル系列を前記アレーアンテナにより送信することを特徴とする送信装置。

【請求項 2】 前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成する伝搬チャネル解析手段を備え、前記ベクトル制御手段が、伝搬チャネル解析手段により生成された前記伝搬チャネル行列を特異値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 3】 前記ベクトル制御手段は、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成し、前記伝搬チャネル行列の相関行列を固有値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 4】 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる変調方式によってシンボルマッピングされていることを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 5】 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる符号系列によって符号拡散されていることを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 6】 M 素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して情報シンボル系列を伝送するための無線通信システムであって、

前記通信端末には、

前記基地局が既知である基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、
前記基準シンボルを無線周波数帯の信号である基準信号に変換する端末RF部
と、

前記基準信号を基地局に向けて送信する端末アンテナを有し、

前記基地局には、

前記通信端末から受信した前記基準信号をベースバンド信号であるM個の受信
シンボルに変換する基地局RF部と、

前記M個の受信シンボルを入力とし前記通信端末と前記基地局との間の伝搬チ
ャネルを解析して得られる伝搬パラメータを算出する伝搬チャネル解析手段と、

前記伝搬パラメータを用いて複数のN次元ベクトルを生成するベクトル制御手
段と、

前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数のN次元ベ
クトルを掛けて多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル
多重化手段と、

前記基地局RF部により前記ベクトル多重シンボル系列を無線周波数帯の信号
である送信信号に変換して、前記通信端末に向けて送信するアレーアンテナとを
有し、

前記通信端末は、前記端末RF部が前記端末アンテナの受信信号をベースバン
ド信号である受信シンボル系列に変換することを特徴とする無線通信システム。

【請求項7】 M素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して
情報シンボル系列を伝送するための無線通信システムであって、

前記基地局は、

前記通信端末が既知である基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、

前記基準シンボルを無線周波数帯の信号である基準信号に変換するRF部と、

前記基準信号を前記通信端末に向けて送信するアレーアンテナを有し、

前記通信端末は、

前記基準信号を受信する端末アンテナと、

前記端末アンテナが受信した前記基準信号をベースバンド信号である受信シン
ボルに変換する端末RF部と、

前記受信シンボルを入力とし前記通信端末と前記基地局との間の伝搬チャネルを解析して得られる伝搬パラメータを含む伝搬チャネル情報シンボル系列を生成する伝搬チャネル解析手段とを有し、

前記端末アンテナにより、前記伝搬チャネル情報シンボル系列が挿入された送信信号を前記基地局に向けて送信し、

前記基地局は、

前記伝搬チャネル情報シンボル系列を無線周波数帯の信号である伝搬チャネル情報信号に変換する基地局 R F 部と、

前記基地局 R F 部が前記伝搬チャネル情報信号をベースバンド信号である受信シンボルに変換し、前記受信シンボルを復調して前記伝搬パラメータを得る伝搬チャネル情報受信手段と、

前記伝搬パラメータの解析結果を用いて複数の N 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、

前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N 次元ベクトルを掛けて多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段と、

前記基地局 R F 部により、前記ベクトル多重シンボル系列を無線周波数帯の信号である送信信号に変換して前記通信端末に向けて送信するアレーアンテナを有し、

前記通信端末は、前記端末 R F 部が前記端末アンテナの受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列に変換することを特徴とする無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、特定の無線局間において、無線回線を介して秘匿性が要求される情報を伝送するための送信装置及び無線通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、デジタル無線通信は、伝送速度や伝送品質が飛躍的に向上したことに

より、通信分野の重要な位置を占めるようになってきている。一方で、無線通信は公共財である電波空間を利用しているため、秘匿性の点から考えると第3者による受信が可能であるといった根本的な欠点がある。すなわち、通信内容が第3者に傍受され情報が漏洩するおそれが常に存在する。

【0003】

そこで従来の無線通信では、情報を暗号化することにより、たとえ通信データが第3者に傍受されたとしても情報の内容が第3者に分からないようにするなど工夫がなされている。暗号化は、様々な分野で研究されまた様々な分野で応用されている。これは、暗号化には通信システムを変更しなくても一定セキュリティが確保できるといった長所があるからである。

【0004】

しかしながら、情報の暗号化には、暗号化するためのコードやその手順が分かれば、比較的容易に情報が解読されてしまう問題がある。特に高速のコンピュータが一般的に普及している現状では、かなり複雑な暗号化処理を行わないとセキュリティが確保できなくなっている。

【0005】

このような暗号化技術が有する課題に対して、電波伝搬媒体である伝搬チャネルの物理的な特徴に注目した、秘匿性の高い無線伝送方式が提案されている（例えば特許文献1参照）。この方式によれば、特定の無線局間で共有する伝搬チャネルの特性を考慮して通信データを送受信することにより、伝搬チャネルが異なる他の無線局ではデータを受信又は復元できないため、無線通信の物理層におけるセキュリティを確保することができる。また、特定の無線局間で固有の特性となる伝搬チャネルに基づいてデータ暗号化のための秘密鍵を共有し、第3者による盗聴を防止するようにしているものもある（例えば非特許文献1参照）。

【0006】

通常、携帯電話やWLANなどの移動通信システムにおいて、2つの無線局間の伝搬チャネル特性は無線局の空間的な位置により特徴付けられる。伝搬チャネル特性を表すパラメータとしては、振幅・位相、到来波の方向や遅延時間、偏波などが用いられる。仮に、特定の無線局間の伝搬チャネルをこれらのパラメータ

を用いて独自に特徴付けることができれば、伝搬パラメータを考慮することにより秘匿性を高い通信が実現できる。さらにパラメータ数を増やし多次元パラメータにより伝搬チャネルの特性を表現すれば、この独自性はさらに強められると考えられる。

【0007】

【特許文献1】

特開2002-152191号公報

【非特許文献1】

堀池 元樹、外3名、”陸上移動通信路の不規則変動に基づく秘密鍵共有方式”、信学技報、RCS2002-173、2002年10月。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、無線局間の伝搬チャネルから推定される伝搬パラメータを考慮した無線通信を行う場合、秘匿性を高めるためにパラメータ数を増やしたりパラメータの推定精度を向上させようとする、信号処理量を増加させるだけでなく、ハードウェアに対して高い精度が要求されるという問題がある。

【0009】

また、暗号化に用いる共通鍵を上記伝搬パラメータに基づいて生成する場合には、2つの無線局それぞれにおいて伝搬パラメータの推定と鍵生成の処理を実行する必要があり、例えば基地局と端末間の通信を想定すると、特にアプリケーションやインターフェースの高機能化が進む端末に対して、信号処理量の増加と、推定精度を確保するためにハードウェア精度の向上を要求しなければならないという問題がある。

【0010】

本発明は、これら従来の問題を解決するものであり、特定の無線局間で伝搬チャネルを独自に特徴付けるための多次元の伝搬パラメータ推定を行わずに、通信路において秘匿性が要求されるデータが第3に漏洩することを防ぐことができる送信装置および無線通信システムを提供することを目的とする。

【0011】

本発明は、このような従来の問題を解決するものであり、無線の通信路において秘匿性が要求されるデータが第3者に漏洩することを防ぐことができる送信装置および無線通信システムを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため本発明は、アレーアンテナを有する無線局が無線により、特定の無線局に対してデータを伝送する際に、無線局間の伝搬チャネルを特徴付けるベクトル空間を用いて、複数のデータをベクトル多重により同時に送信し、特定の無線局では所望のデータ系列がアレーアンテナ利得により一定の回線品質を確保して受信され、さらに第3者である他の無線局においては複数のデータが同時に受信されるようにする。

【0013】

これにより、伝搬チャネルを独自に特徴付けるための多次元の伝搬パラメータ推定を行わずに、無線通信の伝搬路において秘匿性が要求されるデータ系列が第3者に漏洩することを防ぐことができるという作用を有する。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明の骨子は、アレーアンテナを有する無線局が、特定の無線局に対して情報シンボル系列を送信する際に、前記無線局間の伝搬チャネル特性に基づいて生成される複数のベクトルを用いて、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列をベクトル多重化により同時に送信することで、前記特定の無線局では前記情報シンボル系列が受信されるように制御することが可能となり、さらに、伝搬チャネルが異なる他の無線局においては前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが同時に受信されるように制御することが可能となるため、第3者である前記他の無線局では受信信号から前記情報シンボル系列を復元することが困難となり、通信路において情報が漏洩することを防ぐことができるようになる。

【0015】

本発明の請求項1に記載の送信装置は、 M ($M > 1$) 素子のアレーアンテナを有する第1の無線局から第2の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するため

の送信装置であり、前記第1の無線局と前記第2の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータに基づいて、複数の N ($N \leq M$) 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N 次元ベクトルを掛けて多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段を有し、前記ベクトル多重シンボル系列を前記アレーアンテナより送信することを特徴としたものであり、前記情報シンボル系列を伝送する前記第1の無線局と前記第2の無線局ではない他の無線局が存在する場合に、前記他の無線局において前記複数のシンボル一部またはすべてが受信されるようになり、前記他の無線局が前記情報シンボル系列を復元することが困難となるため、情報の漏洩を防ぐことになり通信のセキュリティを確保できるという作用を有する。

【0016】

請求項2に記載の送信装置は、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成する前記伝搬チャネル解析手段をさらに設け、前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列を特異値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴としたものであり、前記第2の無線局が前記情報シンボル系列を他のシンボル系列の干渉を受けずに受信することが可能となるため、無線回線の通信品質を改善できるという作用を有する。

【0017】

請求項3に記載の送信装置は、前記ベクトル制御手段は、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成し、前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列の相関行列を固有値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴としたものであり、請求項2に記載の送信装置と異なる点は、前記第1の無線局が有する前記 M 素子アレーアンテナの利得を前記伝搬チャネルにおいて最大とすることが可能となるため、無線回線のリンクバジェットを改善できるという作用を有する。

【0018】

請求項4に記載の送信装置は、前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる変調方式によってシンボルマッピングされていることを特徴とした

ものであり、前記第1の無線局と前記第2の無線局ではない他の無線局では、前記情報シンボル系列とは異なる変調がかかった他のシンボル系列の一部またはすべてが受信されるようになるため、前記情報シンボル系列と他のシンボル系列間の信号相関を低下させ、前記情報シンボル系列が前記他の無線局で復調される確率を低減させることができるという作用を有する。

【0019】

請求項5に記載の送信装置は、前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる符号系列によって符号拡散されていることを特徴としたものであり、請求項4に記載の送信装置と異なる点は、符合系列を可変することが容易に行える構成であることから、仮に前記伝搬チャネルが前記第1の無線局と他の無線局間の伝搬チャネルに対して高い相関特性を持つような伝搬路状況が存在しても、前記情報シンボル系列に用いる符号系列を適当に可変することで、前記情報シンボル系列が前記他の無線局において復調されないように制御できるという作用を有する。

【0020】

請求項6に記載の無線通信システムは、M素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して情報シンボル系列を伝送するための無線通信システムであり、前記通信端末は、前記基地局が既知である基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、前記基準シンボルを無線周波数帯の信号である基準信号に変換する端末RF部と、前記基準信号を基地局に向けて送信する端末アンテナを有し、前記基地局は、前記アレーアンテナが受信した前記基準信号をベースバンド信号であるM個の受信シンボルに変換する基地局RF部と、前記M個の受信シンボルを入力として前記通信端末と前記基地局間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータを解析する伝搬チャネル解析手段と、前記伝搬パラメータの解析結果を用いて複数のN次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数のN次元ベクトルを掛けて多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段を有し、前記基地局RF部は、前記ベクトル多重シンボル系列を無線周波数帯の信号である送信信号に変換し、前記送信信号は前記アレーアンテナより前記通信端末に

向けて送信され、前記通信端末は、前記端末RF部が前記端末アンテナの受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列に変換することを特徴としたものであり、携帯電話やWLANに代表される移動通信システムにおいて、前記通信端末の位置や周囲の環境などが時間と共に変動することによって生じる前記伝搬チャネルの特性の時間的变化に追従するため、前記基地局が、前記通信端末から送信された前記基準信号を用いて前記伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータを解析し、その解析結果に基づいたベクトル多重化処理により得られる前記ベクトル多重シンボル系列を用いて特定のシンボル系列を前記通信端末に向けて送信するため、前記伝搬チャネルの特性が変化する移動通信システムにおいて、前記他の無線局が前記情報シンボル系列を復元することが困難となるため、情報の漏洩を防ぐことになり通信のセキュリティを確保できるという作用を有する。

【0021】

請求項7に記載の無線通信システムは、素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して情報シンボル系列を伝送するための無線通信システムであり、前記基地局は、前記通信端末が既知である基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、前記基準シンボルを無線周波数帯の信号である基準信号に変換するRF部と、前記アレーアンテナが前記基準信号を前記通信端末に向けて送信し、前記通信端末は、前記基準信号を受信する端末アンテナを有し、前記端末アンテナが受信した前記基準信号をベースバンド信号である受信シンボルに変換する端末RF部と、前記受信シンボルを入力として前記通信端末と前記基地局間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータの解析結果として伝搬チャネル情報シンボル系列を生成する伝搬チャネル解析手段と、前記端末アンテナが前記伝搬チャネル情報信号を前記基地局に向けて送信し、前記基地局は、前記伝搬チャネル情報シンボル系列を無線周波数帯の信号である伝搬チャネル情報信号に変換する基地局RF部と、前記基地局RF部が前記伝搬チャネル情報信号の前記アレーアンテナによる受信信号をベースバンド信号である受信シンボルに変換し、前記受信シンボルを復調して前記伝搬パラメータの解析結果を得る伝搬チャネル情報受信手段と、前記伝搬パラメータの解析結果を用いて複数のN次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対

して前記複数のN次元ベクトルを掛けて多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段を有し、前記基地局RF部は、前記ベクトル多重シンボル系列を無線周波数帯の信号である送信信号に変換し、前記送信信号は前記アレーアンテナより前記通信端末に向けて送信され、前記通信端末は、前記端末RF部が前記端末アンテナの受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列に変換することを特徴としたものであり、前記第2の無線局が前記伝搬チャネルを特徴付ける前記伝搬パラメータの解析結果を前記第1の無線局に対してフィードバックするようにしたため、前記伝搬チャネルが送受信で非対称性になると場合として、例えば送受信で異なる周波数を利用する無線通信システムにおいても、高いセキュリティを確保して通信できるという作用を有する。

【0022】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0023】

(実施の形態1)

図1は、本発明の無線通信システム100の全体構成を示すブロック図である。図において、101は基地局、102は通信端末、103は基地局101と通信端末102との間の伝搬チャネル、104は基地局送受信部、105は基地局アレーアンテナ、106は端末アンテナ、107は端末送受信部、D1～DKは基地局101より送信されるK個のデータ系列、 $x_1 \sim x_K$ はデータ系列D1～DKのベクトル化信号であり基地局アレーアンテナ105から通信端末102に対して送信される。

【0024】

図2は、無線通信システム100において伝送データのセキュリティ確保を実現するシステムの動作原理を示している。図において、200はデータ漏洩を防ぐ対象である非通信端末、201は基地局101と非通信端末間の伝搬チャネルを示す。一般に、建物が密集する都市内や壁に囲まれた屋内の電波伝搬環境下では、マルチパス伝搬により、基地局に対して空間的な位置が異なる複数の通信端末との間の伝搬チャネルは互いに異なる特性を示す。特に、通信端末の場所の移動や時間の経過に伴って生じる受信信号の複素包絡線変動の確率分布はレーリー

分布によってモデル化することができることが知られており、異なる通信端末の間では受信信号の変動特性が無相関になる。

【0025】

本実施の形態の無線通信システム100では、基地局101は、データ系列D1～DKを伝搬チャネル103に基づいて基地局アレーアンテナ105よりベクトル多重化して同時に送信する。仮に、このベクトル多重化された送信信号が伝搬チャネル103を介して通信端末102ではデータ系列D1のベクトル化信号 x_1 が高感度で受信されるように制御するとき、非通信端末200では、データ系列D1のベクトル化信号 x_1 の他に、データ系列D2～DKのベクトル化信号 $x_2 \sim x_K$ の一部またはすべてが同時に受信されるようになる。これは、伝搬チャネル201が伝搬チャネル103とはほぼ無相関な特性を示すことから、予め x_1 が伝搬チャネル103に対して相関が高くなるように制御し、一方で $x_2 \sim x_K$ を伝搬チャネル103に対して相関が低くなるように制御することで、統計的に伝搬チャネル201では x_1 よりも $x_2 \sim x_K$ に対する相関が高くなるように制御されることになる。したがって、予めデータ系列D1とデータ系列D2～DKに対して互いに異なる情報を与えておけば、非通信端末200においてはデータ系列D1のみを受信してその情報を復元することが困難になる。

【0026】

以下では、基地局101が複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することにより、非通信端末200に対する情報の漏洩を防ぎ、基地局101と通信端末102との間の無線回線における通信のセキュリティを確保することを目的とした無線通信システム100について、図3～11を用いて詳細に説明する。

【0027】

図3は、基地局101における基地局送受信部104と基地局アレーアンテナ105の構成を示している。図において、基地局送受信部104は、300はマルチシンボル生成手段、301はベクトル多重化手段、302は基地局RF部、303は伝搬チャネル解析手段、304は送信ベクトル制御手段、305はアレー合成受信手段によって構成される。また、基地局アレーアンテナ105は、M本のアンテナ素子A1～AMによって構成される。

【0028】

図4は、端末送受信部107の構成を示す。図において、端末送受信部107は、400は基準シンボル生成手段、401はシンボル生成手段、402は端末RF部、403は復号手段によって構成される。

【0029】

本実施の形態では、はじめに、通信端末102から基準信号 x_0 を端末アンテナ106より送信する。この基準信号 x_0 は、基地局101において伝搬チャネル103を解析するために受信されるもので、基地局101と通信端末102との間で予め共有されている参照信号を含む。図4において、基準シンボル生成手段400は、基地局101と通信端末102との間で予め決められた特定の基準シンボル R_0 を生成し、シンボル生成手段401は、基準シンボル R_0 と、必要であればパイロットシンボル P_0 、アドレスシンボル A_0 、変調方式に基づいてシンボルマッピングされたデータ系列 D_0 およびフレームチェックシンボル FC_0 からなる送信フレーム500を構成し、シンボル系列 S_0 として出力する。端末RF部402は、シンボル系列 S_0 を無線周波数帯の信号へと変換し、基準信号 x_0 として端末アンテナ106より送信する。

【0030】

ここで、図5は、送信フレーム500の構成例を示しており、受信時には主に、 R_0 は基準シンボルとして、 P_0 はフレーム同期の確立として、 A_0 は端末の認証として、 FC_0 は受信時のビット誤り検出用として使用され、シンボルマッピングされたデータ系列 D_0 は送信時の必要に応じて挿入されるものとする。ただし、シンボル系列 S_0 が伝搬チャネル103の解析という目的だけに使用される場合には、基準シンボル R_0 のみを送信する構成としても良い。また、基地局101が、基地局アレーアンテナ105における各アンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ の受信信号から到来波の方向や偏波を推定し、その結果に基づいて伝搬チャネル103を算出する場合には、必ずしも通信端末102から基準シンボル R_0 を送信する必要はない。

【0031】

端末アンテナ106より送信された基準信号 x_0 は、伝搬チャネル103を介

して基地局アレーアンテナ105で受信される。基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子A1～AMの受信信号は基地局RF部302において、夫々ベースバンド信号である受信シンボル系列Y1～YMへと変換される。伝搬チャネル解析手段303は、受信シンボル系列Y1～YMを入力とし、伝搬チャネル103を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列Hを生成する。この伝搬チャネル行列Hを構成する各要素は、受信シンボル系列Y1～YMに含まれる基準シンボルR0成分の振幅および位相から算出される複素チャネル係数h1～hMであり、伝搬チャネル行列Hは(数1)のように表記する。

【0032】

【数1】

$$H = [h_1 \quad h_2 \quad \dots \quad h_M] \quad (\text{数1})$$

【0033】

尚、ここでは伝搬チャネル行列Hの算出方法として既知信号である基準シンボルR0を用いる方法について説明したが、基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子A1～AMの受信信号に基づいて到来波の周波数、遅延時間、入射方向、偏波のいずれかまたはすべてを推定し、その結果に基づいて伝搬チャネル行列Hを推定することも可能である。

【0034】

次に、ベクトル制御手段304では、(数1)の伝搬チャネル行列Hを入力として、伝搬チャネル行列Hを特異値分解または固有値分解することにより、送信時のベクトル空間Vと受信時のベクトル空間V'を生成する。ここで、Hより求められるベクトル空間Vは、(数2)に示すようにM行(M次元)でK(K≤M)個の列ベクトルからなる行列空間であり、またベクトル空間V'は、(数3)に示すようにM行(M次元)でL(L≤M)個の列ベクトルからなる行列空間で構成されるものとする。

【0035】

【数2】

$$\begin{aligned}
 V &= [v_1 \quad v_2 \quad \cdots \quad v_K] \\
 v_1 &= [V_{11} \quad V_{21} \quad \cdots \quad V_{M1}]^T \\
 &\vdots \\
 v_K &= [V_{1K} \quad V_{2K} \quad \cdots \quad V_{MK}]^T \quad (\text{数2})
 \end{aligned}$$

【0036】

【数3】

$$\begin{aligned}
 V' &= [v'_1 \quad v'_2 \quad \cdots \quad v'_L] \\
 v'_1 &= [V'_{11} \quad V'_{21} \quad \cdots \quad V'_{M1}]^T \\
 &\vdots \\
 v'_L &= [V'_{1L} \quad V'_{2L} \quad \cdots \quad V'_{ML}]^T \quad (\text{数3})
 \end{aligned}$$

【0037】

ただし、 T は行列に対する転置の作用を表す。

【0038】

はじめに、特異値分解によるベクトル空間 V の算出手順を説明する。(数4)
は、(数1)で示した伝搬チャネル行列 H の特異値分解を示している。

【0039】

【数4】

$$H = U \cdot \Delta \cdot V_s \quad (\text{数4})$$

【0040】

ただし、(数4)の右辺について、 Δ は H の特異値を行列要素に持つ1行 M 列の行列であり、また V_s は M 行(M 次元)で M 個の互いに直交する列ベクトル $v_{s1} \sim v_{sM}$ によって構成されているベクトル空間であり、(数5)～(数7)のように表すことができる。ただし、 H が1行 M 列の行列であるため特異値は1個だけ求められ、ここではそれを δ とする。

【0041】

【数5】

$$U = 1 \quad (\text{数5})$$

【0042】

【数6】

$$\Delta = [\delta \quad 0 \quad \cdots \quad 0]^T \quad (\text{数6})$$

【0043】

【数7】

$$V_s = [v_{s1} \quad v_{s2} \quad \cdots \quad v_{sM}] \quad (\text{数7})$$

【0044】

次に、上述した特異値分解の代わりに固有値分解を用いる場合について説明する。ベクトル制御手段304は、はじめに、(数1)の伝搬チャネル行列Hの相関行列Rを(数8)を用いて算出する。

【0045】

【数8】

$$R = H^* \cdot H \quad (\text{数8})$$

【0046】

ただし、*は行列に対する複素共役転置の作用を表す。(数9)に示すように、相関行列Rを固有値分解し、固有値を対角項に持つM行M列の正方行列 λ とベクトル空間Veを算出する。

【0047】

【数9】

$$R \cdot V_e = \lambda \cdot V_e \quad (\text{数9})$$

【0048】

ここで、VeはM行(M次元)でM個の互いに直交する列ベクトル v_{e1}

～veMによって構成されているベクトル空間であり、 λ は前述した Δ の各要素を二乗した値を対角項に持ち他の要素はすべて0となるM行M列の行列である。

【0049】

さらに、ベクトル制御手段304は、特異値分解によって得られるVsまたは固有値分解によって得られるVeを構成するM個の列ベクトルからK個の列ベクトルを選択し送信時のベクトル空間Vとして出力し、またL個の列ベクトルを選択し受信時のベクトル空間V'として出力する。

【0050】

次に、基地局101における通信端末102から送信されたデータ系列D0の受信処理について説明する。

【0051】

図3において、アレー合成受信手段305は、受信シンボル系列Y1～YMとベクトル制御手段304において算出されたベクトル空間V'と受信シンボル系列Y1～YMを入力として、(数10)を用いてY1～YMに対するベクトル空間V'の重み付け合成処理によりベクトル合成信号C1～CLを得る。ここでは、ベクトル空間V'としては前述したVsまたはVeの列ベクトルを選択して用いるものとする。

【0052】

【数10】

$$[C1 \ C2 \ \dots \ CL] = [Y1 \ Y2 \ \dots \ YM] \cdot V' \quad (\text{数10})$$

【0053】

(数10)によって得られるC1は通信端末102より送信された基準信号x0を基地局アレーアンテナ105の指向性合成して得られた受信信号である。また、C2～CMには非通信端末200からの干渉信号成分が含まれている可能性があり、C1とC2～CMの信号電力から所望信号電力対干渉信号電力比を推定することができる。さらに、アレー合成受信手段305では、このC1に対してフレーム同期、端末の認証、データ系列D0の変調方数に基づいた復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列D0を復元し受信データ系列

として出力する。

【0054】

また、受信時に用いるベクトル空間 V' として前述したような H の特異値分解や固有値分解によって得られる V_s や V_e を用いる代わりに、MMSE (Minimum Mean Square Error) 法[1]を用いた受信処理を行うことも可能である。

[1] B. Widrow, P. E. Mantey, L. J. Griffiths, and B. B. Goode, "Adaptive Antenna Systems", Proc. IEEE, vol.55, no.12, pp.2143-2158, Dec. 1967.

この場合、伝搬チャネル解析手段 303 は受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$ を入力とし、参照信号である基準シンボル R_0 の複素共役値である R_0' と $Y_1 \sim Y_M$ の相関ベクトル r を (数11) に従って生成し、(数8) により伝搬チャネル行列 H の相関行列 R を求めて、ベクトル制御手段 304 へ出力する。

【0055】

【数11】

$$r = [Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_M]^T \times R_0' \quad (\text{数11})$$

【0056】

ベクトル制御手段 304 は、相関ベクトル r と相関行列 R を用いて、ベクトル v_1 を (数12) を用いて算出し、最急降下法などを用いてその値を更新していく。

【0057】

【数12】

$$v_r = R^{-1} \cdot r \quad (\text{数12})$$

【0058】

ただし、 R^{-1} は R の逆行列を表す。アレー合成受信手段 305 は、受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$ とベクトル v_r を入力として、(数13) を用いて $Y_1 \sim Y_M$ に対する v_r の重み付け合成処理によりベクトル合成信号 C_1 を生成する。

【0059】

【数 1 3】

$$C1 = [Y1 \ Y2 \ \cdots \ YM] \cdot v_r \quad (\text{数 1 3})$$

【0060】

このC1に対して、フレーム同期、端末の認証、データ系列D0の変調方式に基づいた復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列D0を復元し受信データ系列として出力する。

【0061】

次に、基地局101におけるデータ系列D1～DKの送信処理について説明する。

【0062】

図6に示すように、マルチシンボル生成手段300は、K個の符号化手段600-1～600-Kおよびフレーム生成手段601-1～601-Kにより構成される。はじめに、符号化手段600-1～600-Kは、データ系列D1～DKを入力とし、変調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行する。さらに、図7に示すように、フレーム生成手段601-1～601-Kは、シンボルマッピングされたデータ系列D1～DKに、フレーム同期用のパイロットシンボルP1～PK、情報源を識別するためのアドレスシンボルA1～AKおよび受信時のビット誤り検出用のフレームチェックシンボルFC1～FCKを付加して、送信フレーム700-1～700-Kを生成する。

【0063】

ベクトル多重化手段301は、送信フレーム700-1～700-Kからなるシンボル系列S1～SKを入力とし、ベクトル制御手段304で生成されたベクトル $v_1 \sim v_K$ で構成されるベクトル空間Vを用いて、(数14)に示すようなベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シンボル系列X1～XMを生成する。

【0064】

【数 1 4】

$$[X_1 \ X_2 \ \cdots \ X_M]^T = [S_1 \ S_2 \ \cdots \ S_K] \cdot V \quad (\text{数 1 4})$$

【0 0 6 5】

このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ は、図 8 に示すような M 個のベクトル多重された送信フレーム $800-1 \sim 800-M$ のように構成されており、これら各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。

【0 0 6 6】

基地局 RF 部 302 は、ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ より通信端末 102 に対して送信する。

【0 0 6 7】

通信端末 102 の端末送受信部 107 では、端末 RF 部 402 が端末アンテナ 106 の受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列 Y_0 へ変換し、復号手段 403 へ出力する。復号手段 403 は、送信フレーム $700-1$ が受信されているものとし、 Y_0 を入力として、フレーム同期、情報源の認証、データ系列 D_1 の変調方式に基づいた復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列 D_1 を復元して受信データ系列として出力する。

【0 0 6 8】

尚、以上の説明ではベクトル制御手段 304 が、 M 行 M 列の伝搬チャネル行列 H を特異値分解または固有値分解することにより得られるベクトル空間 V または V' を算出する場合について述べた。これは、ベクトル空間 V を構成する列ベクトル v_1 に対して低相関となるような $v_2 \sim v_M$ を得るための処理の一例を示したに過ぎない。つまり、ベクトル制御手段 302 は、伝搬チャネル行列 H より v_1 に対して $v_2 \sim v_M$ が線形独立となるようなベクトル空間 V を算出するか、または v_1 に対して $v_2 \sim v_M$ が直交するようなベクトル空間を算出すれば良いため、その算出方法を限定するものではない。

【0 0 6 9】

次に、通信端末 1 0 2 と通信端末 2 0 0 における復調特性の解析例として、データ系列 D 1 ～ D K に対する変調方式として B P S K を用いた場合について図 9 を用いて説明する。

【 0 0 7 0 】

図 9 は、基地局 1 0 0 と通信端末 1 0 2 および非通信端末 2 0 0 が存在する場合のシミュレーション解析結果を示しており、図 9 (1) は、基地局 1 0 1 で生成されたデータ系列 D 1 の信号波形であり、図 9 (2) は、通信端末 1 0 2 における復調結果として得られた受信データ系列の信号波形であり、図 9 (3) は、非通信端末 2 0 0 における復調結果として得られた受信データ系列の信号波形である。シミュレーション条件としては、基地局アレーアンテナ 1 0 5 を構成するアンテナ素子数 M は 8 、 D 1 のデータ数は 1 0 0 、基地局 1 0 1 よりベクトル多重化して送信するデータ系列数はアンテナ素子数と同じ 8 とし、また、伝搬チャネル行列 H の各要素である $h_1 \sim h_8$ はレーリー確率分布にしたがって (数 1 5) を用いて生成する。

【 0 0 7 1 】

【数 1 5】

$$h_m = N(0, 1/2) + j * N(0, 1/2), \quad m = 1, \dots, 8 \quad (\text{数 1 5})$$

【 0 0 7 2 】

ただし、 $N(0, 1/2)$ は、平均が 0 、標準偏差が $1/2$ の正規確率分布に従った乱数を生成する関数である。

【 0 0 7 3 】

前述したように、基地局 1 0 1 ではベクトル多重化手段 3 0 1 において、データ系列 D 1 ～ D 8 に対するシンボル系列 S 1 ～ S 8 がベクトル $v_1 \sim v_8$ を用いてベクトル多重送信される。 $v_1 \sim v_8$ は、基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 間の伝搬チャネル 1 0 3 の特性を示す伝搬チャネル行列 H から算出され、互いに直交し、 v_1 だけが H に対して高い相関を持つという特徴がある。したがって、図 9 (3) に示すように、 v_1 によってベクトル化されたデータ系列 D 1 は、通信端末 1 0 2 では正しく復調されるようになる。一方で、非通信端末 2 0 0 と基地局

101間の伝搬チャネル201は、 $v_2 \sim v_8$ に対しても相関を有するためデータ系列D1に対するシンボル系列S1と同時にシンボル系列S2～SKも受信される。したがって、図9(3)に示すように、非通信端末200ではデータ系列D1を検出し正確に復元することが困難となるため、通信端末102に対して伝送されるべきデータ系列D1の非通信端末200に対する漏洩を防ぐことが可能となる。

【0074】

次に、上述した非通信端末200に対するデータ系列D1の漏洩率を統計的に評価したシミュレーション結果について、図10を用いて説明する。伝搬チャネル行列Hは、図9の場合と同様にしてレイリー確率分布に基づいた(数15)を用いて生成する。図10は、横軸が基地局アレーアンテナ105のアンテナ素子数Mを、縦軸がデータの漏洩率を示している。ここでの漏洩率Zは、非通信端末200において、データ数128個のデータ系列D1がエラー無しで復調された場合はデータが漏洩したとし、伝搬チャネル201に対する伝搬チャネル行列HをN回更新したときにデータが漏洩したと見なされる回数Lを用いて、(数16)により定義されるものとする。

【0075】

【数16】

$$Z = (L/N) \times 100 \quad [\%] \quad (\text{数16})$$

【0076】

ただし、基地局101においてベクトル多重化されて送信されるデータ系列数Kはアンテナ素子数Mと一致する、つまり $K=M$ である条件の元で(数16)で定義される漏洩率を算出するものとする。

【0077】

図10に示すように、アンテナ素子数Mが増加するにしたがってデータの漏洩率Zは低下しており、 $M=8$ つまり基地局アレーアンテナ105のアンテナ素子数が8本のときは、データの漏洩率は0.1%が確保できる。つまり、本実施の形態による無線通信システム100の構成を用いることで、通信データに対して

暗号化処理を必要とせずに、通信データの秘匿性を高めることができるという効果が得られる。また、無線通信システム100を携帯電話やWLANなどの移動通信システムにおいて利用する場合、伝搬チャネル103の特性は時間共に変動するため、仮に非通信端末200がある場所において一定時間内は通信端末102に対する通信データを受信することができたとしても、一定時間（通常1秒間程度）を過ぎれば伝搬チャネル特性は変化してしまうので、連続して通信データを受信し続けることは非常に困難である。

【0078】

尚、基地局101において符号化手段600-1～600-Kでは、データ系列D1～DKを同一の変調方式を用いてシンボルマッピング処理を行うとしたが、データ系列D1～DKに対して異なる変調方式を用いてシンボルマッピング処理を実行し、シンボル情報の異なる複数のシンボル系列S1～SKを生成するようにしても良い。また、符号化手段600-1～600-Kにおいて、データ系列D1～DKに対して異なる符号系列を用いて符号拡散処理を行うことで、シンボル情報の異なる複数のシンボル系列S1～SKを生成するようにしても良い。このように、異なる変調方式や拡散符号を用いてシンボル系列S1～SKを生成する場合、通信端末102において復号手段403が受信シンボル系列Y0よりその変調方式や拡散符号を推定するか、予め変調方式や拡散符号を共有することで、通信端末102における復調処理が可能になる。復号手段403が変調方式や拡散符号を推定できるようにすることで、基地局101において変調方式や拡散符号を時間の経過と共に変化させることで、基地局アレーアンテナ105のアンテナ素子数Mを増加させることなく、非通信端末200へのデータ漏洩率を低下させることが可能となる。

【0079】

以上の動作を、無線通信システム100における無線回線の同期確立からデータ伝送を完了するまでの流れとして通信手順の観点から図11を用いて説明する。

【0080】

(0) 基地局101、通信端末102：初期化

基地局 101、通信端末 102 共に、電源が投入された直後、或いは特定の信号を受けて初期状態にセットされる。同時に、周波数や時間同期などの状態は事前に定められた手順に従ってセットされる。

【0081】

以上のこれらの初期動作が終了した一定時間後、基地局 101 は一定時間毎に制御情報を制御信号に載せて送信する。

【0082】

一方、通信端末 102 は初期動作が終了した後、制御信号のサーチを始める。端末が基地局から送信した制御信号を受信すると、その時刻、周波数などを検出してシステムが保有する時刻・周波数に同期する（システム同期）。システム同期が正常に終了した後、端末はその存在を基地局に通知するために登録要求信号を送信する。基地局 101 は、通信端末 102 からの登録要求に対して、登録許可信号を送信することで端末の登録許可を行う。

【0083】

（1）通信端末 102：基準シンボル送信

通信端末 102 は、基地局 101 において伝搬チャネル 103 を解析するための基準シンボル R0 を含む基準信号 X0 を出力する。具体的には、基準シンボル生成手段 400 が予め決められた特定の基準シンボル R0 を生成し、シンボル生成手段 401 は送信フレーム F0 を構成し、シンボル系列 S0 として出力する。端末 RF 部 402 は、シンボル系列 S0 を無線周波数帯の信号へと変換し、基準信号 x_0 として端末アンテナ 106 より送信する。

【0084】

基地局 101 では、通信端末 102 から伝搬チャネル 103 を介して基地局アンテナ 105 で受信される基準信号 x_0 を待っており、各アンテナ素子 A1～AM の受信信号は基地局 RF 部 302 において、夫々ベースバンド信号である受信シンボル系列 Y1～YM へと変換される。伝搬チャネル解析手段 303 は、受信シンボル系列 Y1～YM を入力とし、伝搬チャネル 103 を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列 H を生成する。次にベクトル制御手段 304 は、H のベクトル空間 V を算出し、このベクトル空間 V を構成する列ベクトル

$v_1 \sim v_K$ を生成する。

【0085】

(2) 基地局 101：ベクトル化信号送信

基地局 101 は、通信端末 102 に対して、基地局アレーアンテナ 105 を用いてベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ を送信する。具体的には、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を入力とし、マルチシンボル生成手段 300 が変調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行して送信フレーム $700-1 \sim 700-K$ を構成し、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ として出力する。ベクトル多重化手段 301 は、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を入力として、ベクトル $v_1 \sim v_K$ を用いたベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を生成する。ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ は、これら各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。基地局 RF 部 302 は、このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、ベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ として基地局アレーアンテナ 105 より送信する。

【0086】

以下、(2) のベクトル多重通信や通常の通信を繰り返す。

【0087】

この説明において、初期化作業である (0) について説明を行ったが、これは一般的な運用を想定したものであり、本発明に必要な手続きではない。

また、(1) で基準信号を送信することで、伝搬チャネルを解析するとしたが、これは一般に既知信号を用いた方が伝搬パラメータを高精度に推定できるためであって、伝搬チャネルの解析は特に基準信号を用いなくても可能である。換言すれば、例えば (0) で行っている制御信号、登録要求信号や登録許可信号などを利用して伝搬パラメータの推定を行うこともできる。

【0088】

以上の発明は、特定の通信端末 102 と基地局 101 との間の伝搬チャネル 103 の特性を利用して複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することを特徴としているため、基地局や端末の移動が発生すると、問題が生ずる場合がある

。この場合、図9に示した(1')、(2')のように繰り返し基準信号の送受信を行うことで、この問題を回避することも可能である。

【0089】

(実施の形態2)

本実施の形態について、図1および図12～16を用いて説明する。実施の形態1と同様にして、本実施の形態のシステム全体構成は、図1に示す無線通信システム100である。図12は、基地局101の構成を示すブロック図であり、図において、1200は基準シンボル生成手段、1201は伝搬チャネル情報受信手段を示す。図13は、端末102の構成を示すブロック図であり、図において、1300は伝搬チャネル解析手段、1301は符号化手段を示す。

【0090】

以上のように構成された無線通信システム100について、以下では、主に本実施の形態が実施の形態1と異なる点に関して詳細に説明する。

【0091】

はじめに、基地局101から、基準シンボルを含む送信信号 $x'1 \sim x'M$ を基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子 $A1 \sim AM$ より送信する。この基準シンボルを含む送信信号 $x'1 \sim x'M$ は、端末102において伝搬チャネル103を解析するために受信されるもので、基地局101と通信端末102との間で予め共有されている参照信号を含む。図12において、基準シンボル生成手段1200は、基地局101と通信端末102との間で予め決められた特定の基準シンボル $R1 \sim RM$ を生成し、ベクトル多重化手段301は、ベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ に対して、基準シンボル $R1 \sim RM$ を挿入したベクトル多重シンボル系列 $X'1 \sim X'M$ を生成する。ここでは、基準シンボル $R1 \sim RM$ は互いに直交するかまたは相関が低くなるような異なる符号系列より生成されるものとする。

【0092】

図14において、1400-1～1400-Mは、ベクトル多重化手段301がベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ に対して互いに異なる基準シンボル $R1 \sim RM$ を挿入した送信フレームの構成例を示している。ここで、データ系列 $D1$

～DKは必要に応じて挿入されるため、ベクトル多重シンボル系列が伝搬チャネル103の解析という目的だけに使用される場合には、基準シンボルR1～RMのみを送信するフレーム構成としても良い。

【0093】

また、図15において、1500-1～1500-Mは、ベクトル多重化手段301がベクトル多重シンボル系列X1～XMに対して、基準シンボルR1を挿入した送信フレームの構成例を示している。送信フレーム1400-1～1400-Mが互いに異なる符号系列より生成された基準シンボルR1～RMを用いるのに対して、図15に示すフレーム構成では、夫々のフレームにおいて時間的にシフトした位置に基準シンボルR1を挿入するようにしたものであり、アンテナ素子数Mと同数の符号系列を用いて基準シンボルR1～RMを生成する必要がない。

【0094】

以上のようにして、ベクトル多重化手段301で生成された送信フレーム1400-1～Mまたは1500-1～Mで構成されるベクトル多重シンボル系列X'1～X'Mは、基地局RF部302においてシンボル系列S1～SMを無線周波数帯の信号へと変換され、基準シンボルR1～RMを含む送信信号x'1～x'Mとして、基地局アレーアンテナ105を構成するアンテナ素子A1～AMに対応付けられて送信される。

【0095】

次に、通信端末102における伝搬チャネル103の解析方法と、その解析結果を基地局101に対してフィードバックする手順について説明する。

【0096】

基地局アレーアンテナ105より送信された送信信号x'1～x'Mは、伝搬チャネル103を介して伝搬され、端末アンテナ106の受信端において合成受信される。端末RF部402は、この受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列Y'0へと変換する。伝搬チャネル解析手段1300は、受信シンボルY'0を用いて、伝搬チャネル103を特徴付ける伝搬パラメータとして（数1）で示した伝搬チャネル行列Hを生成する。具体的には、基地局101のベク

トル多重化手段301において生成される送信フレームが1400-1~1400-Mのように互いに異なるM個の基準シンボルを用いて構成されている場合、通信端末102において伝搬チャネル解析手段1300は、予め既知である基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を用いて、受信信号 Y'_0 に対して $R_1 \sim R_M$ を別々に掛け合わせる相関演算処理を実行して得られる信号の振幅および位相情報から、伝搬チャネル行列 H の各要素である $H_1 \sim H_M$ を求める。これにより、基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ と端末アンテナ106との間の各伝搬チャネル係数が、 $H_1 \sim H_M$ 夫々に対応付けられることになる。一方で、基地局101のベクトル多重化手段301において生成される送信フレームが1500-1~1500-Mのように、時間的にシフトされた位置に基準シンボルを配置した構成とする場合、通信端末102においても伝搬チャネル解析手段が、予め既知である基準シンボルを用いて、サンプリングのタイミングをシフトさせながら受信シンボル Y'_0 の振幅および位相情報を求めることにより、伝搬チャネル行列 H を構成する各要素 $h_1 \sim h_M$ を算出することができる。

【0097】

符号化手段1301は、伝搬チャネル解析手段1300によって生成された伝搬チャネル行列 H のデータを入力とし、無線伝送するために必要なシンボルマッピングの処理を実行して伝搬チャネル情報シンボル系列 C_0 を生成する。シンボル生成手段401は、図16に示すように、伝搬チャネル情報シンボル系列 C_0 が挿入された送信フレーム1600を生成し、シンボル系列 S'_0 として出力する。端末RF部402は、シンボル系列 S'_0 を無線周波数帯の信号へと変換し、送信信号 x'_0 として端末アンテナ106より送信する。

【0098】

基地局101では、伝搬チャネル情報を含む送信信号 x'_0 を基地局アレーアンテナ105によって受信し、その受信信号は基地局RF部302においてベースバンド信号である受信シンボル系列 $Y'_1 \sim Y'_M$ へと変換される。伝搬チャネル情報受信手段1201は、受信シンボル系列 $Y'_1 \sim Y'_M$ の一部またはすべてを入力として、フレーム同期、情報源の認証、伝搬チャネル情報シンボル系列 C_0 の復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、伝搬チャネル行列

Hを出力する。ベクトル制御手段304は、伝搬チャネル情報受信手段1201により生成された伝搬チャネル行列Hを用いて、基地局101における通信端末102に対する送信および受信時に用いる送信のベクトル空間Vおよび受信のベクトル空間V'を生成する。

【0099】

以上のような構成により、通信端末102において伝搬チャネル解析手段1300が、求められた伝搬チャネル行列Hを基地局101にフィードバックすることで、基地局101では基地局アレーアンテナ105から見た端末アンテナ106に対する伝搬チャネルの情報を正確に得ることができるようになる。よって、基地局101は基地局101から見た下り回線の伝搬チャネル行列Hを用いてベクトル空間を算出し、ベクトル多重送信を行うため、下り回線と上り回線の非対称性が無視できないような条件においてもシステム性能を維持できる。

【0100】

以上の動作を含めて、本実施の形態における無線回線の同期確立からデータ伝送を完了するまでの流れとして通信手順の観点から図17を用いて説明する。

【0101】

(0) 基地局101、通信端末102：初期化

基地局101、通信端末102共に、電源が投入された直後、或いは特定の信号を受けて初期状態にセットされる。同時に、周波数や時間同期などの状態は事前に定められた手順に従ってセットされる。

【0102】

以上のこれらの初期動作が終了した一定時間後、基地局101は一定時間毎に制御情報を制御信号に載せて送信する。

【0103】

一方、通信端末102は初期動作が終了した後、制御信号のサーチを始める。端末が基地局から送信した制御信号を受信すると、その時刻、周波数などを検出してシステムが保有する時刻・周波数に同期する（システム同期）。システム同期が正常に終了した後、端末はその存在を基地局に通知するために登録要求信号を送信する。基地局101は、通信端末102からの登録要求に対して、登録許

可信号を送信することで端末の登録許可を行う。

【0104】

(1) 基地局101: 基準シンボル送信

基地局101は、通信端末102において伝搬チャネル103を解析するための基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を含む送信信号 $X'_1 \sim X'_M$ を出力する。具体的には、基準シンボル生成手段1200が基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を生成し、ベクトル多重化手段301は基準シンボル $R_1 \sim R_M$ が挿入された送信フレームを構成し、ベクトル多重シンボル系列 $X'_1 \sim X'_M$ として出力する。ベクトル多重シンボル系列 $X'_1 \sim X'_M$ は、基地局RF部302において無線周波数帯の信号へと変換され、基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を含む送信信号 $x'_1 \sim x'_M$ として、基地局アレーアンテナ105を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。

【0105】

(2) 通信端末: 伝搬チャネル情報送信

端末102では、基地局101の各アンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ より送信され伝搬チャネル103を介して端末アンテナ106で受信される送信信号 $X'_1 \sim X'_M$ を待っており、端末アンテナ106の受信信号は端末RF部402において、ベースバンド信号である受信シンボル系列 Y'_0 へと変換される。伝搬チャネル解析手段1300は、受信シンボル系列 Y'_0 を入力とし、送信フレーム構成に従って基準シンボル $R_1 \sim R_M$ の振幅および位相情報に基づいて、伝搬チャネル103を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列 H を生成する。

【0106】

次に、伝搬チャネル行列 H のデータは、符号化手段1301において無線伝送するためにシンボルマッピング処理された後、シンボル生成手段401において送信フレームを構成するデータ系列の一部として挿入されシンボル系列 X'_0 として出力される。シンボル系列 X'_0 は、端末RF部402において無線周波数帯の信号へと変換され、送信信号 x'_0 として、端末アンテナ106より基地局101に対して送信される。

【0107】

(3) 基地局 101: ベクトル化信号送信

基地局 101 では、伝搬チャネル情報受信手段 1201 が、通信端末 102 より送信された x' の受信信号を復調して、伝搬チャネル 103 を特徴付ける伝搬パラメータである伝搬チャネル H を生成する。次にベクトル制御手段 304 は、伝搬チャネル行列 H のベクトル空間 V を算出し、このベクトル空間 V を構成する列ベクトル $v_1 \sim v_K$ を生成する。

【0108】

基地局 101 は、通信端末 102 に対して、基地局アレーアンテナ 105 を用いてベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ を送信する。具体的には、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を入力とし、マルチシンボル生成手段 300 が変調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行して送信フレーム $700-1 \sim 700-K$ を構成し、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ として出力する。ベクトル多重化手段 301 は、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を入力として、ベクトル $v_1 \sim v_K$ を用いたベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を生成する。ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ は、これら各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。基地局 RF 部 302 は、このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、ベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ として基地局アレーアンテナ 105 より送信する。

【0109】

以下、(3) のベクトル多重通信や通常の通信を繰り返す。

【0110】

この説明において、初期化作業である (0) について説明を行ったが、これは一般的な運用を想定したものであり、本発明に必要な手続きではない。

また、(1) で基準信号を送信することで、伝搬チャネルを解析するとしたが、これは一般に既知信号を用いた方が伝搬パラメータを高精度に推定できるためであって、伝搬チャネルの解析は特に基準信号を用いなくても可能である。換言すれば、例えば (0) で行っている制御信号、登録要求信号や登録許可信号などを利用して伝搬パラメータの推定を行うこともできる。

【0111】

以上の発明は、特定の通信端末102と基地局101との間の伝搬チャネルの特性を利用して複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することを特徴としているため、基地局や端末の移動が発生すると、問題が生ずる場合がある。この場合、図9に示した(1')、(2')、(3')のように繰り返し基準信号の送受信を行うことで、この問題を回避することも可能である

以上のことから、本発明の無線通信システムを用いることで、通信の物理層において高いセキュリティを確保できることが分かる。また、これらの処理は基本的に従来の算術的な手法を用いた暗号化、復号化とは独立して行うことが可能であるため、従来技術に加えて本発明を実施することでより高いセキュリティが期待できるといった有利な特長を有する。

【0112】

【発明の効果】

上述したように本発明の無線通信システムによれば、特定の無線局間では、所望のデータ系列を一定の回線品質を確保して送受信し、第3者である他の無線局においては、複数のデータ系列が重畳されて同時に受信されるようになり、通信路において秘匿性が要求されるデータ系列が第3者に受信されることを防ぐことになり、無線の通信路における高度なセキュリティを確保できるという効果が得られる。

【0113】

また、特定の無線局間で確立されている無線回線にとって干渉と成り得る他の無線局から送信データ系列を、所望のデータ系列と分離して送受信できるようになり、複数ユーザのアクセスを許容する無線通信システムにおいて耐干渉性能を向上できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る無線通信システムの構成を示すブロック図

【図2】

実施の形態1に係る無線通信システムの特長を示す概念図

【図 3】

実施の形態 1 に係る基地局の構成を示すブロック図

【図 4】

実施の形態 1 に係る通信端末の構成を示すブロック図

【図 5】

実施の形態 1 に係る基準シンボルの送信フレーム構成を示す図

【図 6】

実施の形態 1 に係るマルチシンボル生成手段の構成を示すブロック図

【図 7】

実施の形態 1 に係る通信のフレーム構成を示す図

【図 8】

実施の形態 1 に係る通信のフレーム構成を示す図

【図 9】

実施の形態 1 に係る受信信号波形を示す図

【図 10】

実施の形態 1 に係る通信データの漏洩率を示す図

【図 11】

実施の形態 1 に係る通信の手続きを示す図

【図 12】

実施の形態 2 に係る基地局の構成を示すブロック図

【図 13】

実施の形態 2 に係る通信端末の構成を示すブロック図

【図 14】

実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図

【図 15】

実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図

【図 16】

実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図

【図 17】

実施の形態 2 に係る通信の手続きを示す図

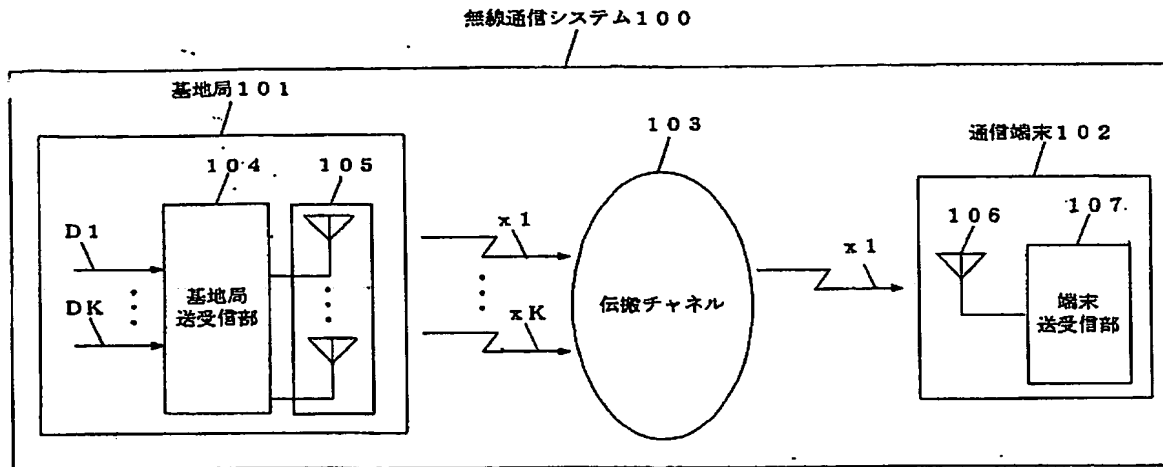
【符号の説明】

- 100 無線通信システム
- 101 基地局
- 102 通信端末
- 103、201 伝搬チャネル
- 104 基地局送受信部
- 105 基地局アレーアンテナ
- 106 端末アンテナ
- 107 端末送受信部
- 200 非通信端末
- 300 マルチシンボル生成手段
- 301 ベクトル多重化手段
- 302 基地局 RF 部
- 303、1300 伝搬チャネル解析手段
- 304 ベクトル制御手段
- 305 アレー合成受信手段
- 400、1200 基準シンボル生成手段
- 401 シンボル生成手段
- 402 端末 RF 部
- 403 復号手段
- 600-1~600-K 符号化手段
- 601-1~600-K フレーム生成手段
- 800-1~800-M、1400-1~1400-M、1500-1~1500-M、1600 送信フレーム
- 1201 伝搬チャネル情報受信手段
- 1301 符号化手段

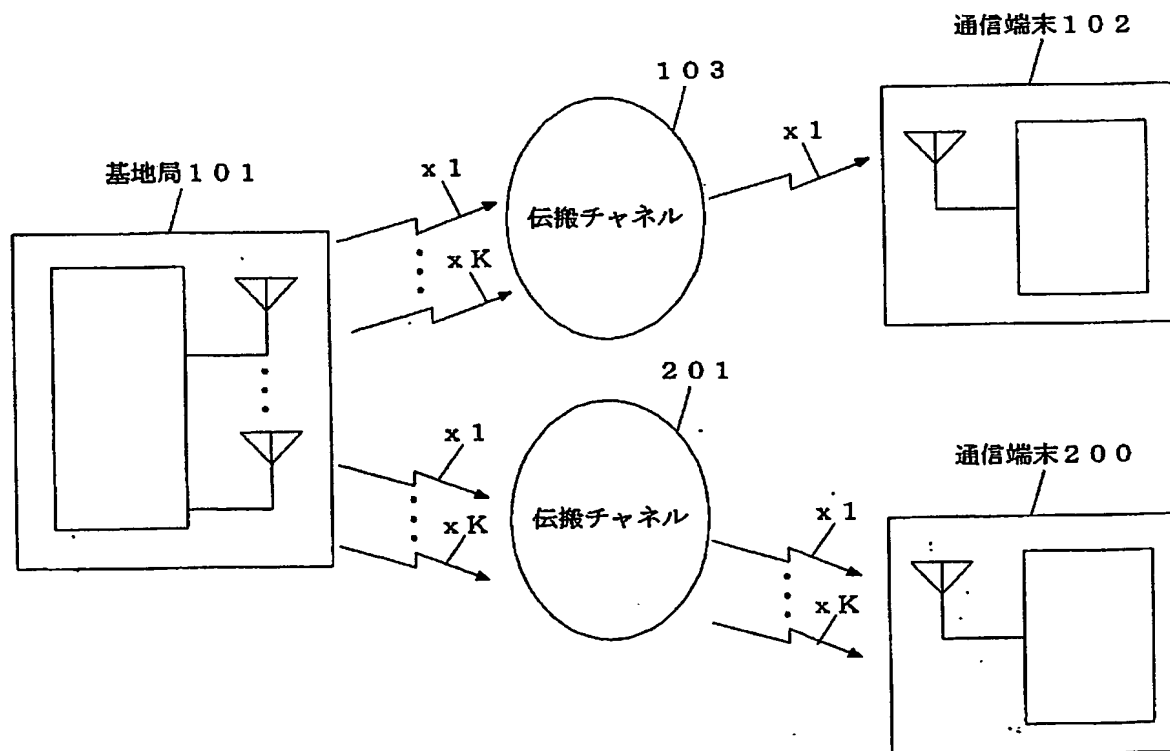
【書類名】

図面

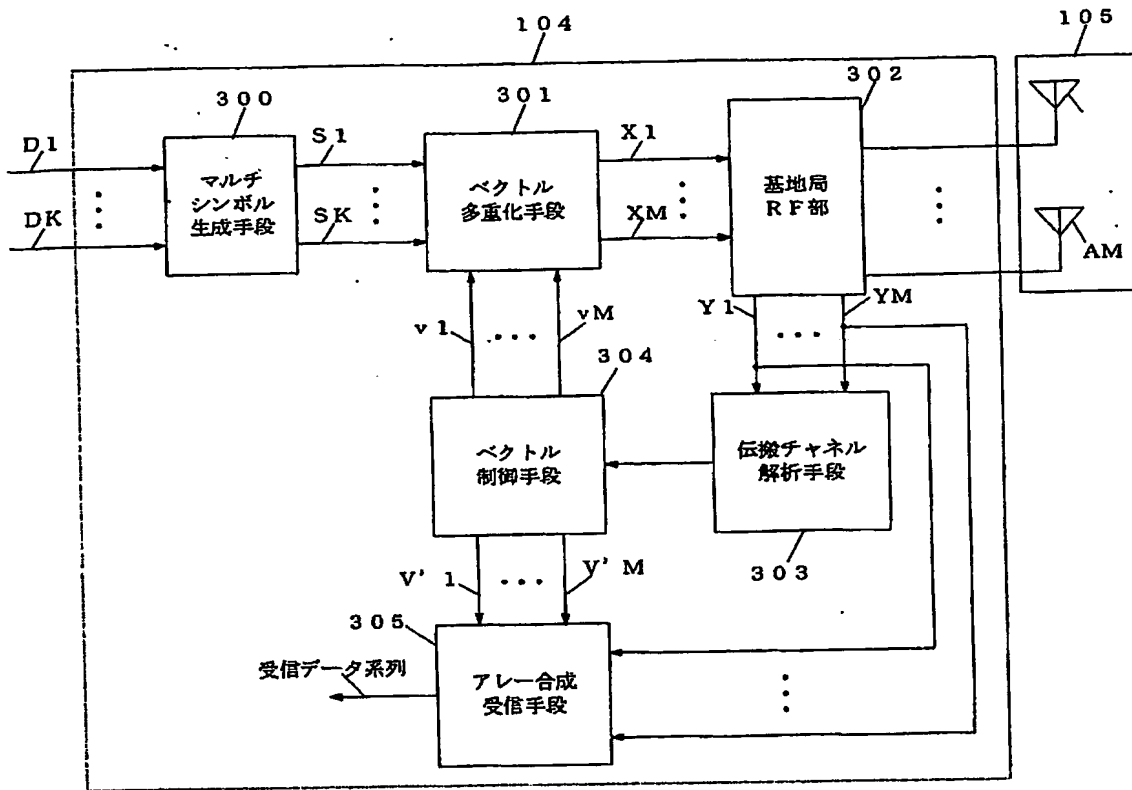
【図 1】



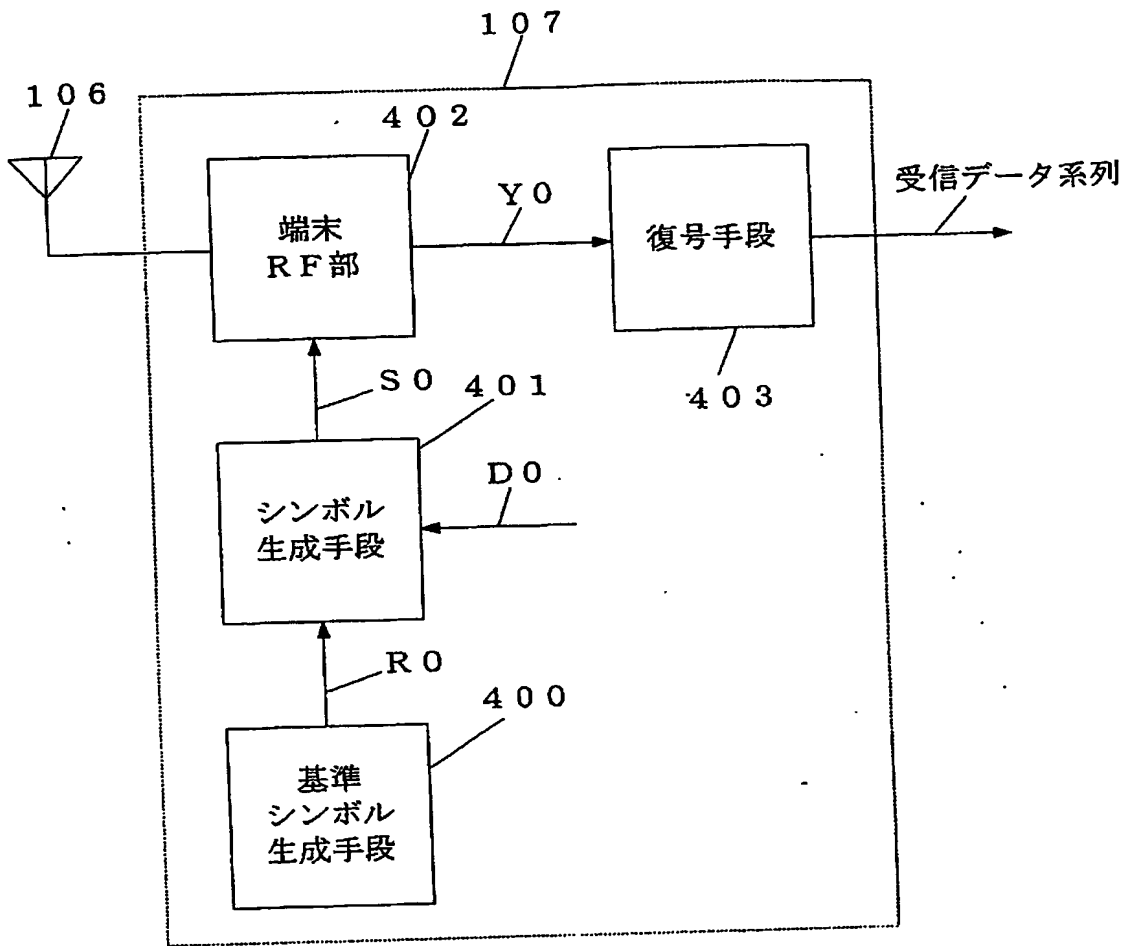
【図 2】



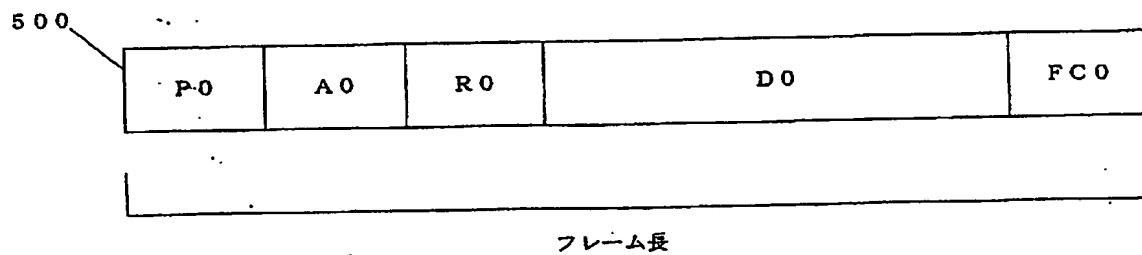
【図 3】



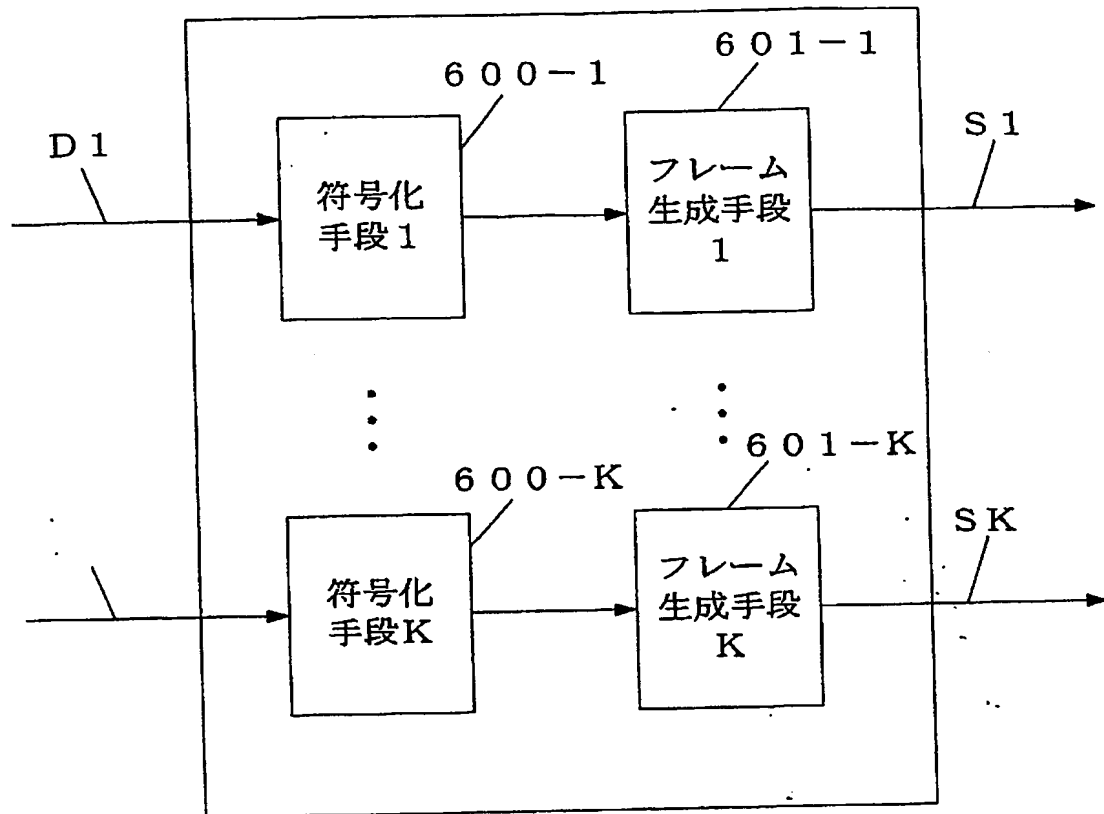
【図 4】



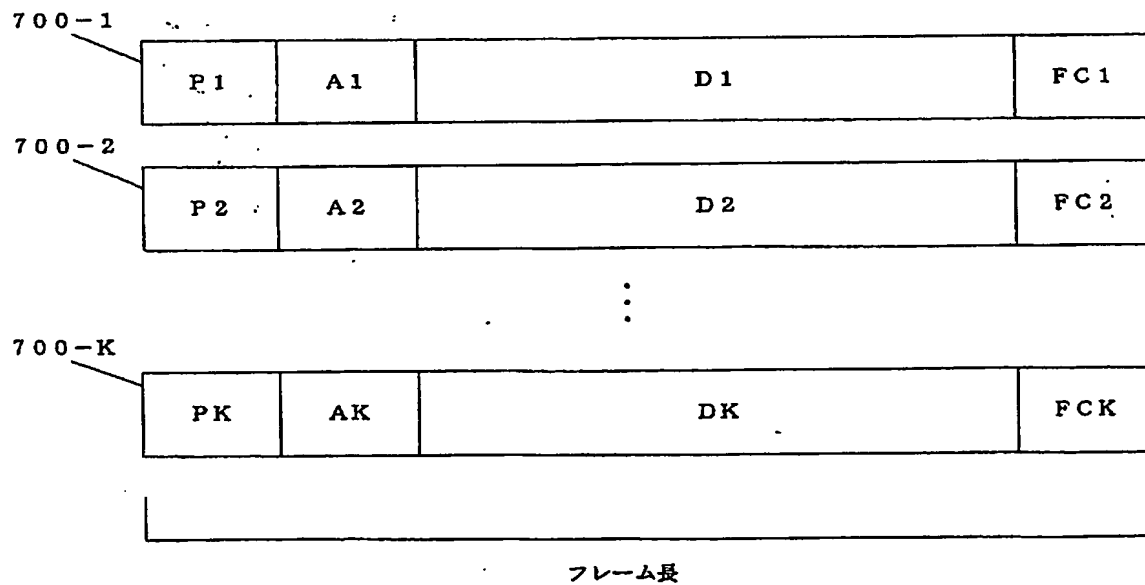
【図 5】



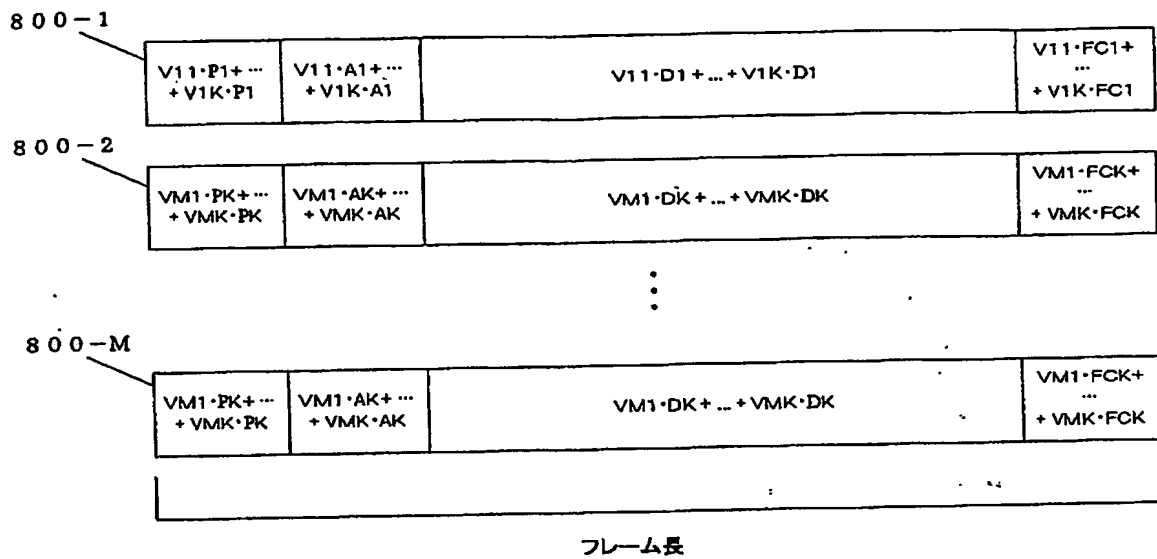
【図6】



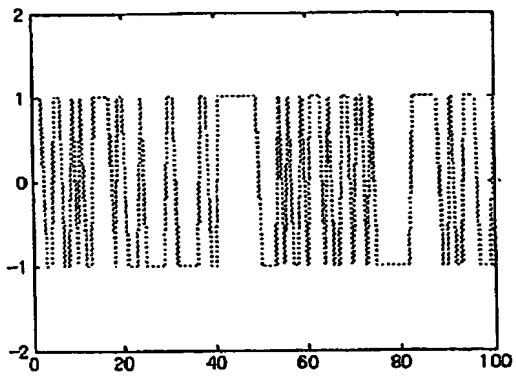
【図7】



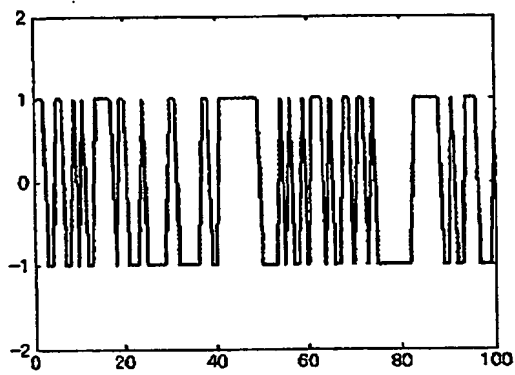
【図 8】



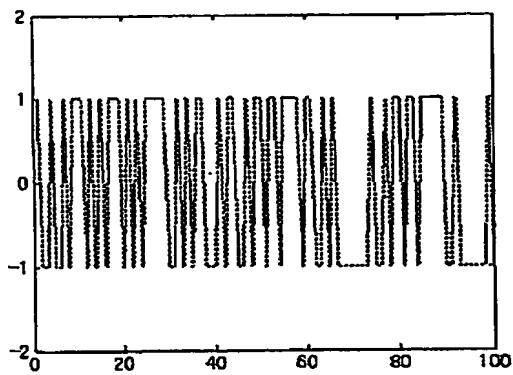
【図 9】



(1)

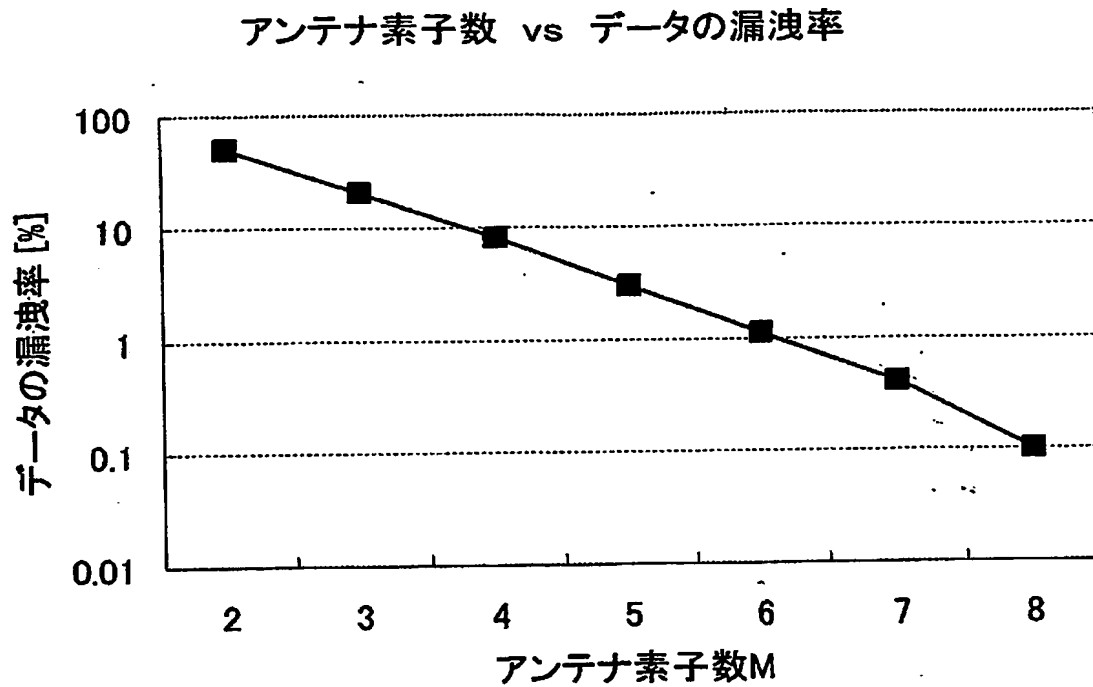


(2)

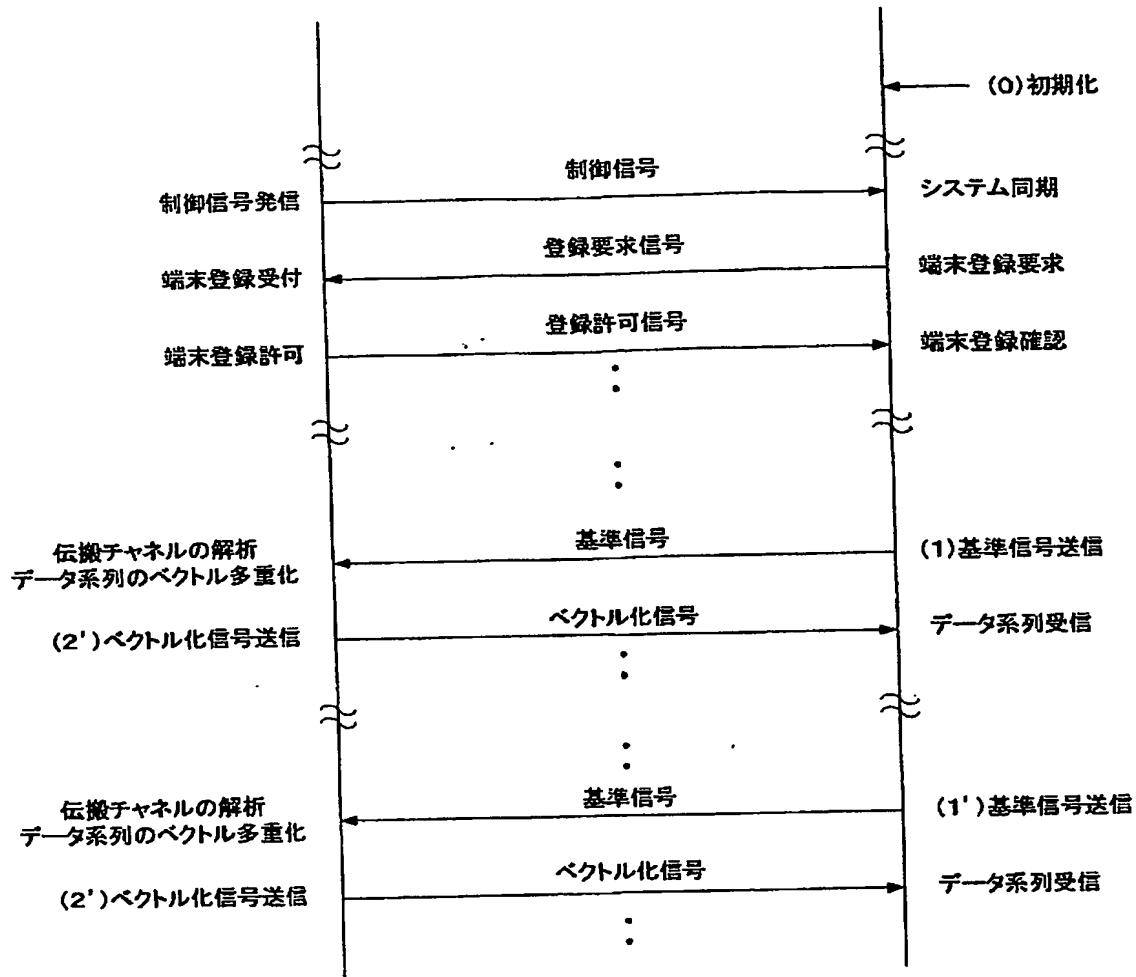


(3)

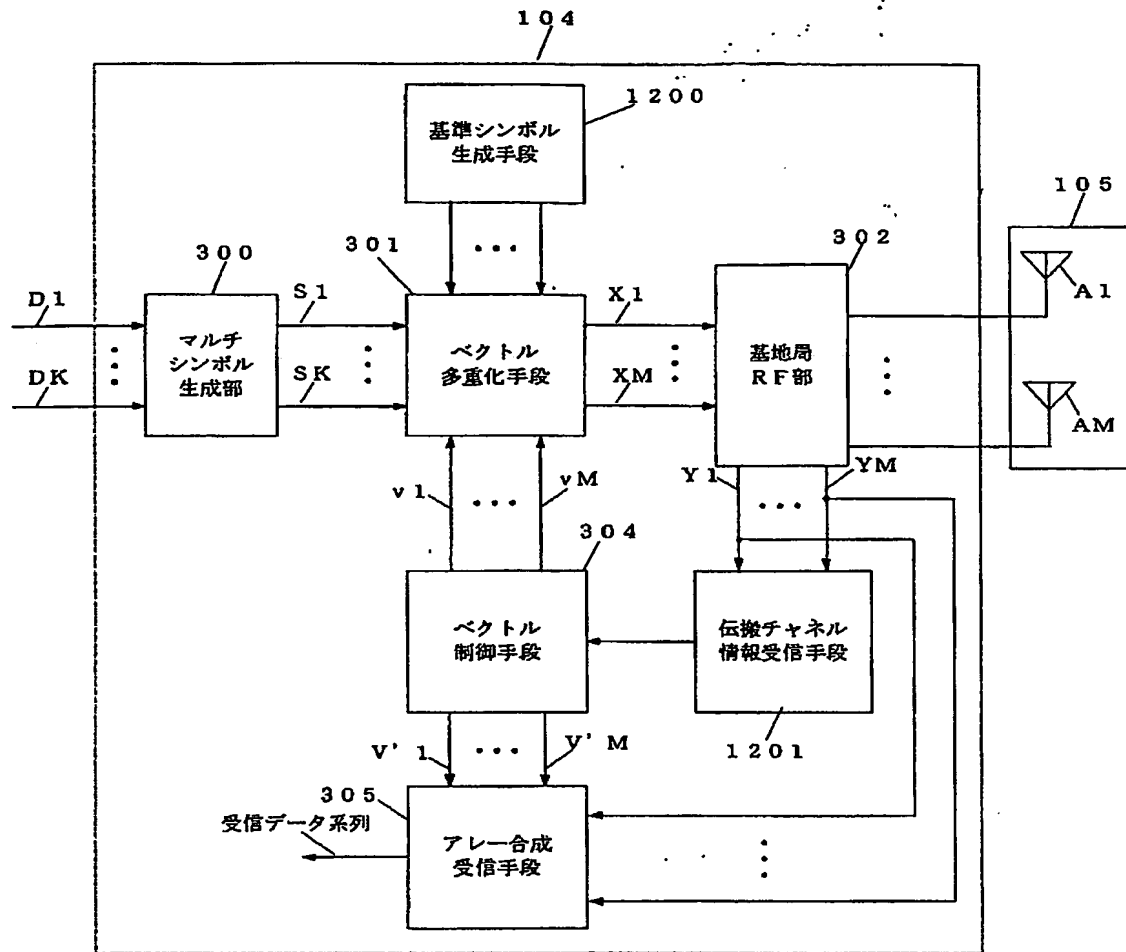
【図10】



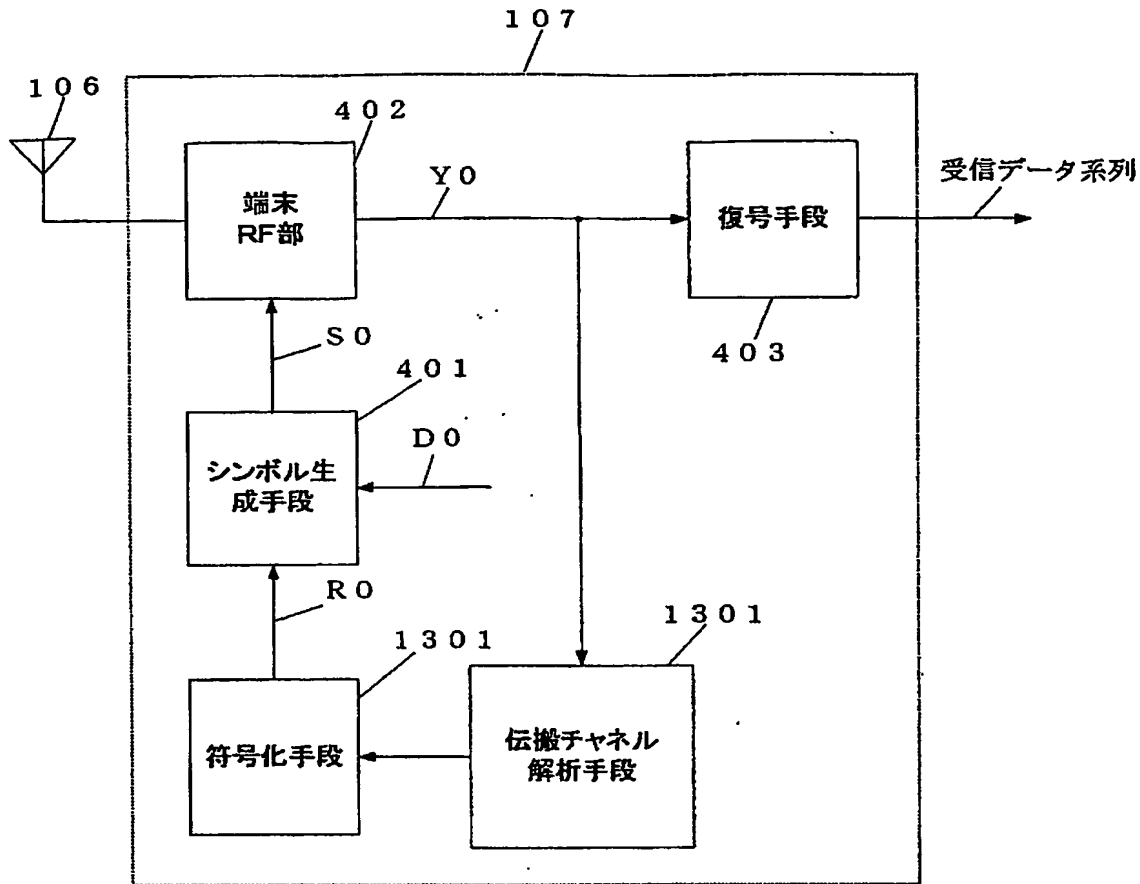
【図 11】



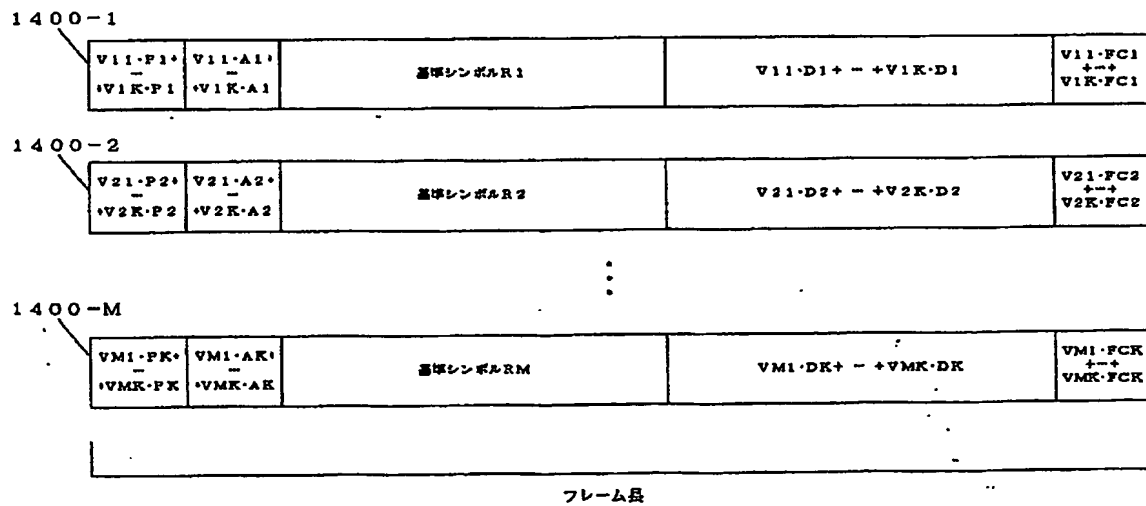
【図12】



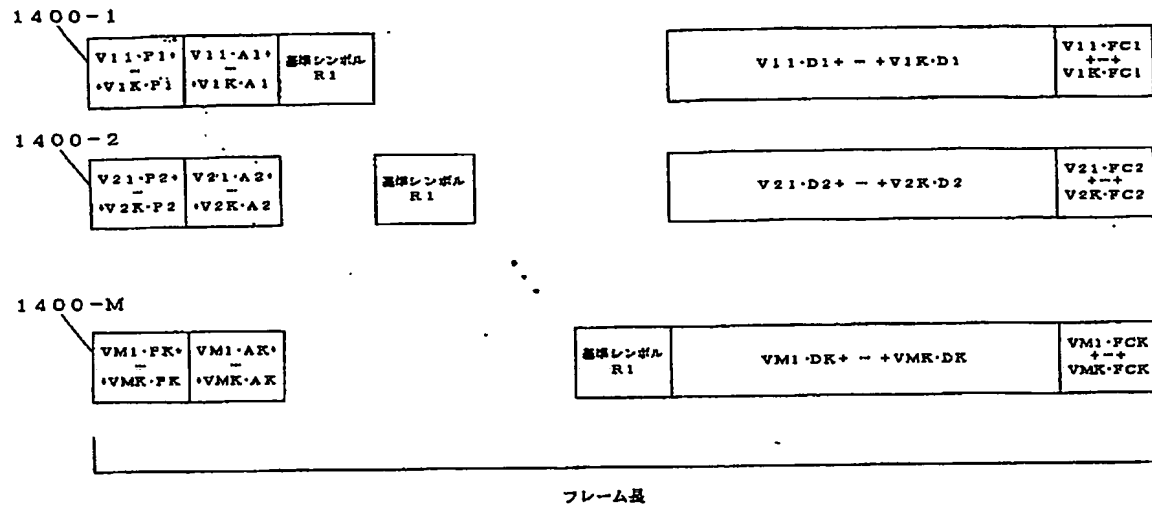
【図13】



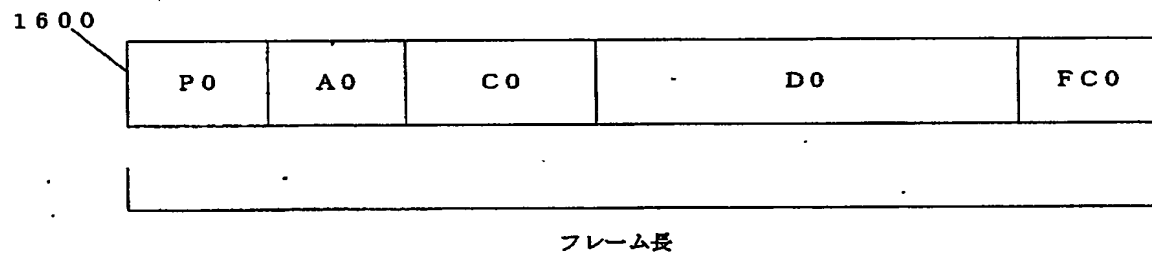
【図14】



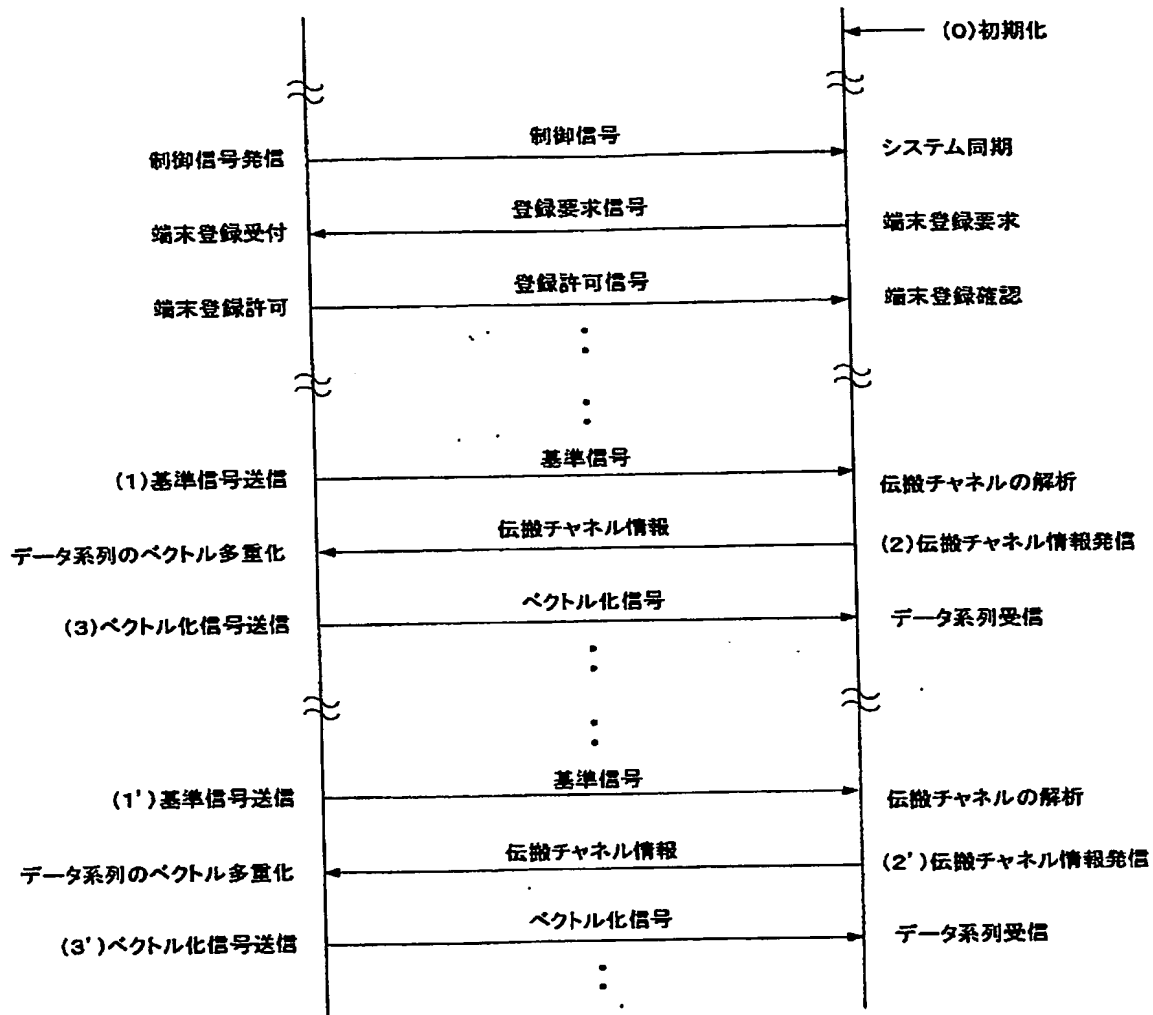
【図15】



【図16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 無線回線を介して特定の無線局にデータを伝送する場合に、高いセキュリティで情報の秘匿性を確保すること。

【解決手段】 アレーアンテナを有する無線局が、特定の無線局に対して情報シンボル系列を送信する際に、前記無線局間の伝搬チャネル特性に基づいて生成される複数のベクトルを用いて、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列をベクトル多重化により同時に送信することで前記特定の無線局では前記情報シンボル系列が受信されるように制御し、さらに、伝搬チャネルが異なる他の無線局においては前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが同時に受信されるように制御する。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 3 - 0 3 3 3 8 5

ページ : 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社